

# Eco-System: 클라우드 컴퓨팅환경에서 REC 가격예측 시물레이션

조규철\*

## Eco-System: REC Price Prediction Simulation in Cloud Computing Environment

Kyuchoel Cho\*

### ABSTRACT

Cloud computing helps big data processing to make various information using IT resources. The government has to start the RPS(Renewable Portfolio Standard) and induce the production of electricity using renewable energy equipment. And the government manages system to gather big data that is distributed geographically. The companies can purchase the REC(Renewable Energy Certificate) to other electricity generation companies to fill shortage among their duty from the system. Because of the RPS use voluntary competitive market in REC trade and the prices have the large variation, RPS is necessary to predict the equitable REC price using RPS big data. This paper proposed REC price prediction method base on fuzzy logic using the price trend and trading condition infra in REC market, that is modeled in cloud computing environment. Cloud computing helps to analyze correlation and variables that act on REC price within RPS big data and the analysis can be predict REC price by simulation. Fuzzy logic presents balanced REC average trading prices using the trading quantity and price. The model presents REC average trading price using the trading quantity and price and the method helps induce well-converged price in the long run in cloud computing environment.

**Key words** : Cloud Computing, RPS (Renewable Portfolio Standard), REC (Renewable Energy Certificate), Fuzzy Logic, REC Price Prediction, Price Prediction Simulation

### 요약

클라우드 컴퓨팅은 정보의 다양성과 빅데이터를 IT자원을 이용하여 처리할 수 있는 컴퓨팅 개념이다. 정부는 신재생에너지를 활용한 전력생산을 장려하기 위해 RPS를 시행하였고 시스템을 구축하여 지리적으로 분산되어 있는 빅데이터를 수집하여 운영하고 있다. RPS제도를 이행하는 발전사업자들은 의무할당량 중 REC 부족분을 타 발전사업자들로부터 REC를 구매하여 조달해야 한다. REC는 자율시장에 근거하여 거래되고 있고, 매매가격의 편차가 크기 때문에 RPS 빅데이터를 통해 형성된 REC가격을 예측할 필요가 있다. 본 연구에서는 부정확한 가격추이와 규칙을 정량적으로 표현하여, 클라우드 환경에서 퍼지기 반으로 REC가격을 예측하는 방법을 제안한다. 클라우드 환경에서 RPS 빅데이터를 통한 상호연관성과 가격결정에 영향을 주는 변수들에 대한 분석이 가능하고 시물레이션을 통해 REC 가격을 예측할 수 있다. 클라우드 환경에서 퍼지로그직은 매출수량과 매매가격을 이용하여 투명성있는 REC 가격을 예측하고 장기적으로 수렴된 가격을 제시할 것이다.

**주요어** : 클라우드 컴퓨팅, 신재생에너지 공급의무화제도, 신재생에너지 공급인증서, 퍼지로그직, REC 가격예측, 가격예측 시물레이션

## 1. 서론

**Received:** 16 July 2014, **Revised:** 5 November 2014,  
**Accepted:** 24 November 2014

**\*Corresponding Author:** Kyuchoel Cho  
E-mail: kccho@etri.re.kr

Electronics and Telecommunications Research Institute

세계적으로 기후변화와 에너지 안보 문제가 대두되어 지속적으로 저탄소 사회를 조성하며, 경제발전을 위한 노력을 기울이고 있다<sup>[2]</sup>. 선진국들은 온실가스의 및 에너지

절감방안으로 산·재생에너지 공급비율을 높이기 위한 기술 및 제도 정착에 많은 노력을 하고 있고, 이에 우리나라도 2015년 5대 산·재생에너지 강국으로 도약을 목표로 이를 실현하고자 노력하고 있다. 우리나라는 2009년 기준으로 부존자원에 대한 해외 의존도가 약 96% 육박하고 있고, 세계경제 변화에 따라 에너지 공급이 취약한 에너지 안보 구조이다. 이를 탈피하고자 우리나라는 구조적인 에너지 자립도를 높이기 위해 산·재생에너지 도입을 확대하기 위해 노력하고 있다.

우리나라는 Renewable Portfolio Standard(신재생에너지 공급의무화제도: 이하, RPS) 제도가 2012년 시행되고 있는데<sup>[3]</sup>, 의무이행대상인 14개 발전사(이하, 공급의무자)는 신재생을 활용한 발전설비도입을 계획하고 있지만, 단기적으로 이행하기위한 비용, 환경 등의 인프라가 확보되지 못하고 있다. 공급의무자들은 RPS제도를 이행하기 위해 Renewable Energy Certificate(신재생에너지 공급인증서: 이하, REC)를 확보해야 하는데, 이행 부족분을 채우는 수단으로 REC 구매를 위한 가격 정보는 기업재정에 영향을 미치기 때문에 주요한 이슈가 되었다. 그렇기 때문에 지속적으로 REC 가격정보에 대한 요구사항이 증가하고 있고, 정부는 시장의 안정성과 건전성을 확보하기 위해 정기적인 가격예측 방법론이 필요한 시점이다.

또한, 정부는 다양한 신재생에너지원을 효율적으로 발굴, 육성, 실현하기 위해 범 국가적 차원에서 신재생 에너지원에 대한 포트폴리오를 분석할 수 있는 방법이 필요하다. 신재생에너지의 포트폴리오는 공급인증서의 가격에 영향을 주기 때문에 다양한 정책대안을 준비하여 분석하고 예측할 수 있는 선제적인 준비도구가 필요하다.

클라우드 컴퓨팅환경은 분산되어 있는 가상 자원과 물리자원을 클러스터로 구성하고, 고성능 컴퓨팅 이 가능한 클러스터 단위로 구성하여 상호작용함으로써 빅데이터를 처리할 수 있는 기술이다<sup>[1]</sup>. 클라우드 컴퓨팅은 인터넷 환경에서의 서비스 지향의 분산 컴퓨팅 환경으로서, 빅데이터 처리를 위한 가상 인프라 자원의 구성환경이 중요하다. 빅데이터 처리가 가능한 클라우드 컴퓨팅 구성환경은 IaaS (Infrastructure as a Service)의 원활한 서비스 제공의 QoS의 보장과 비용의 최소화를 위해 분산컴퓨팅 방식의 서비스 분류와 자원관리 기법이 중요하다.

빅데이터 처리 서비스는 프로세스 결과를 통한 통계적인 정보와 서비스 데이터를 위한 인터페이스로 운영되고 있다. 특히, 계층구조 형태의 데이터는 데이터 설명을 위한 메타데이터와 표준 데이터뿐만 아니라 응용 프로세스 결과를 관리하기 위해 활용되고 있다. 클라우드 환경에서

빅데이터는 서비스 환경에서 할당된 자원들의 지식과 정보전달의 구조로 활용될 수 있으며, 각 자원이 보유한 정보를 공유함으로써 상호작용이 가능하게 한다.

RPS제도 이행 중 생성되는 데이터는 서비스 인프라와 데이터 규모가 빅데이터이기 때문에 고성능 컴퓨팅 성능이 요구되는 REC 가격예측을 위해서 클라우드 컴퓨팅의 가상 자원 활용을 위한 아키텍처의 필요성과 이를 실현하기 위한 요구사항이 증가하고 있다. 따라서 본 연구는 클라우드 환경에서 RPS 제도 실행간에 발생하는 REC 수급 인프라에 대한 모델링을 진행하고, 모델에서 발생하는 빅데이터간의 상호작용을 통해 REC 가격을 제어하는 시뮬레이션을 진행한다. 이는 국가 및 공급의무자의 REC 확보 및 수급정보로써 빅데이터를 포함한 객체를 모델링하고 시나리오를 통한 시뮬레이션을 진행함으로써 REC 가격예측을 가능하게 한다. 또한 최적의 가격도출을 위한 퍼지로지은 형평성있는 REC 가격예측을 통해 국가 및 공급의무자의 향후 REC 국가의 가격정책 및 공급의무자들의 신재생설비 구축 로드맵작성에 유용할 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구를 살펴보고, 3장에서는 클라우드 환경에서 퍼지이론을 이용한 REC 가격예측 시뮬레이션 방법에 대해 알아본다. 그리고 4장에서는 REC 가격예측 시뮬레이션을 통한 결과를 설명한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

클라우드 컴퓨팅은 분산된 IT자원을 가상화된 서비스 환경을 구성하여 빅데이터 저장, 분석 및 처리를 통해 사용자에게 다양한 서비스를 제공할 수 있다<sup>[4]</sup>. 국내의 신재생 발전관련 데이터를 클라우드 환경기반으로 통합, 관리하여 데이터 분산을 통한 민첩성있는 데이터 처리와 대용량 데이터 분석 및 효율적인 운영방안을 연구하고 있다<sup>[5]</sup>.

정부는 2012년부터 RPS 제도를 시행하기 위한 법적 제도를 마련하였다. 제도에서 의무이행비용 보전은 REC 평균거래가격에 따라 공급의무자의 의무이행비용을 산정되고 REC를 제출하면 공급인증기관은 비용을 정산하기 때문에 REC확보를 위한 비용결정은 공급의무자들에게 아주 중요한 이슈가 되었고, 그 이슈를 해결하기 위한 연구가 진행중이다. RPS 제도에 대한 의무비율과 시장에 대한 영향을 통하여 공급량과 REC 매매가격의 변화에 따른 경제성을 분석<sup>[6]</sup>, 신재생에너지원별 REC가격과 전기요금에 영향성을 분석하는 연구가 진행되었다<sup>[2]</sup>.

본 논문에서 REC 가격예측에 사용되는 퍼지논리는 인

간의 생각을 추론하는 방법에 효과적으로 표현할 수 있는 대표적인 것으로 프로세스 등을 제어하는데 사용되어왔고, 오랫동안 최적경로를 위한 제어 시스템으로 디자인하여 활용되어 왔다. 이동경로를 결정하는 방안으로 전방으로 이동하거나 물건을 들어올리기 위해 위치, 길이와 같은 파라미터를 이용하여 지속적인 센서의 정확한 측정에 의존하여 퍼지 제어를 통한 명령으로 작업을 수행한다<sup>7)</sup>. 또한 퍼지로직은 전력시장의 단기 전력의 가격을 예측<sup>8)</sup>, 주가가격예측<sup>9)</sup> 등의 연구를 통해서 가격예측에 활용되고 있어 REC 가격예측에 적합하다.

### 3. 클라우드 컴퓨팅환경에서 퍼지이론을 이용한 REC 가격예측 시물레이션

3장에서는 RPS 제도에서 REC 가격예측을 위한 클라우드 컴퓨팅환경에서의 시물레이션 모델과 가격예측을 위한 퍼지로직을 설명한다. 클라우드 환경에서 REC 가격예측 시물레이션은 REC 공급 및 수요모델을 구성하여 REC 도메인에 대한 인프라를 정의하고, REC 가격예측 시물레이션을 위한 시나리오 구성인자와 연관관계를 정의하여 재사용성과 상호운영성을 고려하여 시물레이션 모델을 구성한다.

#### 3.1 클라우드 컴퓨팅환경에서 REC 가격예측 시물레이션 모델

RPS제도는 2012년부터 시작되어 에너지관리공단의 REC 관리시스템과 한국전력거래소의 REC 거래시스템 등 두 기관에서 이원화되어 운영되고 있다. 제도를 이행

하는 시스템 사용자는 정부역할의 인증기관, 의무이행 역할을 하는 공급의무자, 신재생에너지를 이용하여 REC를 생성하는 발전사업자 등이 있다. 국가단위의 데이터를 살펴보면 전력생산 설비, 생산실적, REC 발급부터 제출, REC 거래 등 대용량데이터들로 구성된 빅데이터는 지리적으로 분산되어 사용자와 데이터들간의 복잡하고 유기적인 관계를 가지며 서비스되고 있다.

특히, 한국전력거래소의 시스템은 공급의무자들이 의무이행해야 하는 REC에 대해서 부족분을 발전사업자들로부터 구매를 통해 외부조달을 할 수 있도록 매도매수 계약하는 기능을 제공하고 있다. 하지만 거래시스템은 두 Actor간의 거래도구일 뿐, 가격결정에 대한 의사결정을 지원하는 기능이 없기 때문에 공급의무자들이 거래가격을 내부적 결정하여 참여하고 있다. 하지만 공급의무자들이 분산되어있는 인프라환경과 데이터 확보에도 어려움이 있으며, 빅데이터로 구성된 관련 데이터를 사용하여 형평성있는 가격을 예측하는 것은 난해하다.

본 연구에서는 공급의무자가 신재생에너지 설비를 통해 생산되는 전력의 경우 생산원단위가 부존자원을 이용한 생산원단위가 높기 때문에 투자비 대비 회수율을 고려했을 때, RPS 할당 의무량을 충족하기 위해 단기적으로 REC 구매를 해야한다. 그래서 형평성있는 REC 가격을 예측하여 매수전략을 결정하기 위한 방안으로, 분산되어 있는 인프라를 가상의 클라우드 환경에서 빅데이터를 분석하고 REC 가격을 예측하기 위해 퍼지기반 REC 가격예측 방법론을 제안한다.

Fig. 1은 클라우드 환경에서 REC 가격예측 IaaS서비

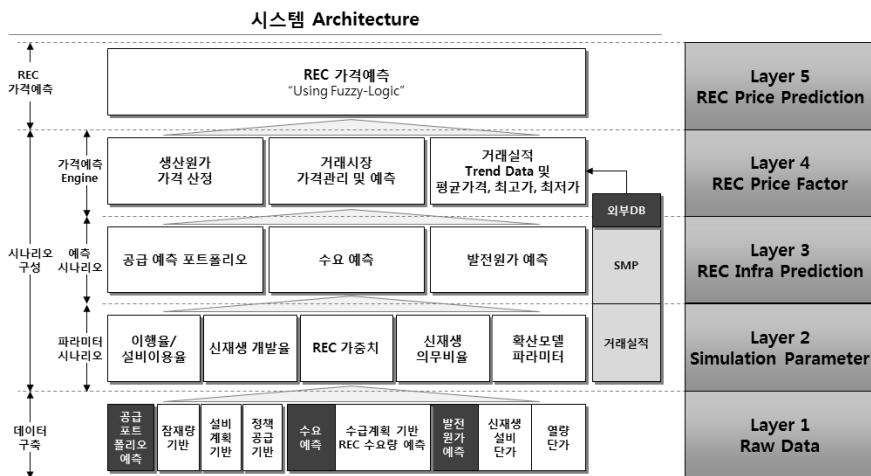


Fig. 1. RPS IaaS service model for REC price prediction in cloud computing

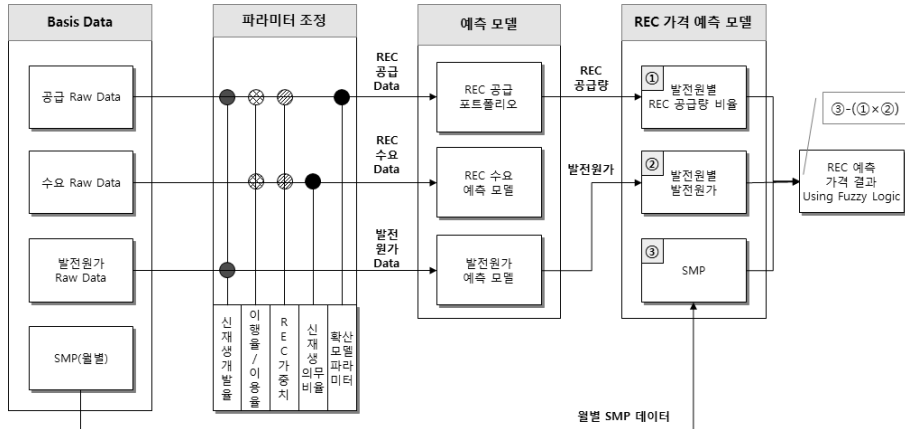


Fig. 2. RPS data relation for REC price prediction

스 모델로써 기초데이터부터 REC 가격예측을 5단계로 구성하여 도시화한 것이다. 신재생설비를 이용해 전력을 생산하는 경우 RPS제도는 그 실적만큼 REC를 발급해주는데, 해당 설비에의 용량에 따라 보유할 수 있는 REC를 산정할 수 있다.

Layer 1은 가상의 클라우드 환경에서 REC 가격예측 모델의 기초데이터 영역으로써 국가범위의 REC 공급량, 수요량 및 발전원가로 구성되어 있다. 신재생설비는 국가에서 신재생에너지 설비설치가 가능한 것을 잠재량을 산정하고, 이를 실현하기위한 설비계획을 운영하고 있어 REC 생산잠재량을 산정할 수 있다. 또한 국가 의무량과 공급의무자들의 설비현황 및 도입계획을 산정하여 그 수요를 예측할 수 있고, 설비도입을 통한 전력생산 발전원가를 산정할 수 있다.

Layer 2는 REC 가격결정에 영향을 주는 빅데이터로 구성된 변수들에 대한 정보로써 공급의무자들의 의무이행률, 설비이용율, 잠재량중에서 신재생개발률, 발전에너지 타입과 생산형태에 따른 가중치 등을 포함한다.

Layer 3은 Layer 2에서 정할 수 있는 파라미터 변수들을 통해 REC 공급량 및 수요량을 예측하고 발전원단위를 통한 발전원가를 산정하는 영역이다.

Layer 4는 REC 가격시물레이션을 구성하기 위한 REC 생산원가를 산정하고 전력거래소에서 운영중인 거래시스템의 가격정보와 이를 퍼지로직에 적용하기 위한 거래 최고가, 최저가, 평균거래가 정보를 결정할 수 있다.

Layer 5는 하위 Layer에서 결정된 시물레이션 모델과 파라미터 변수들을 적용하여 형평성있는 가격을 도출하는 시물레이션 모델이다.

Fig. 2는 클라우드 컴퓨팅환경에서 REC 가격예측을 위한 객체들간의 관계와 빅데이터로 구성된 파라미터변수들의 시나리오간의 상호작용을 도시화한 그림이다. REC 가격결정에 영향을 주는 기초데이터인 공급, 수요량과 발전원가 및 전력거래 단위가격인 SMP(System Marginal Price)는 파라미터 변수인 신재생개발률, 이행율, REC 가중치, 신재생 의무할당량, 신재생설비 확산의 영향인자들을 통해서 예측 단위모델인 REC 공급과 수요량 시나리오가 만들어지고 발전원가를 예측하여 결정하게 된다. 이러한 시나리오들은 년별, 월별로 이산적인 시물레이션이 가능하기 때문에 REC 가격정보를 통하여 가격을 예측할 수 있다. 이때 SMP에서 REC 공급량과 기본적인 REC 가격은 전력생산 원단위를 곱한 값을 빼주면 REC 가격을 산정할 수 있다.

### 3.2 퍼지기반 가격예측 시물레이션

REC의 가격은 발전원가와 신재생에너지에 대한 잠재량 및 수요량에 의해 결정된다. 본 연구에서의 클라우드 환경에서 REC 가격예측방법은 퍼지기반 임계값 제어는 Mamdani의 모델<sup>[10]</sup>을 이용하여 추론하고 역퍼지화를 위해 무게 중심법<sup>[11]</sup>을 사용하였다.

퍼지이론은 현재의 REC 가격추이와 같이 애매하고 부정확한 규칙과 특성을 표현하여, 입력된 정보의 오류에 큰 영향을 받지 않고 퍼지 추론규칙을 통해 결정하고자 하는 문제를 해결할 수 있다.

형평성있는 REC가격을 결정하기 위해서는 REC 매출수량과 기존 거래분에 대한 매매가를 참조하게 된다. 공급의무자는 REC 매수수량과 매매가의 이력값을 통하여

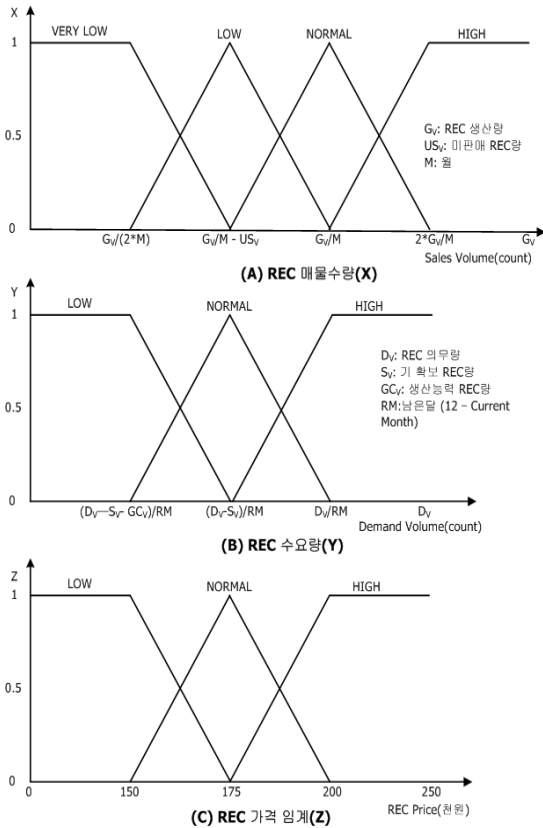


Fig. 3. Input/Output parameter membership function

가격과 긴밀한 매수전략을 결정할 수 있다.

REC 가격을 결정하기위한 입력파라미터는 매출수량 값에 대한 값(X), 그리고 매수하고자 하는 외부조달 총당분을 의미하는 REC 수요량(Y)이며, 퍼지 로직의 출력 파라미터는 매출수량값과 수요량값에 대해서 매수하고자 하는 REC 매수량이 될 것이다. 그리고 REC 매수는 매달 진행되는 REC 거래에 대해서 유연성있는 매수량을 결정할 수 있다.

$$X(\text{REC 매출수량값}) = \{ \text{VERY LOW, LOW, NORMAL, HIGH} \}$$

$$Y(\text{REC 수요량}) = \{ \text{LOW, NORMAL, HIGH} \}$$

$$Z(\text{REC 가격 임계값}) = \{ \text{LOW, NORMAL, HIGH} \}$$

Fig. 3은 REC 가격예측 모델에서 가격결정을 위한 REC 수요량 임계값을 갱신하기 위해 12가지의 퍼지 규칙을 정하여 REC 매수수량과 REC 매매가에 대한 입력

```

Rule 1: If ( X == VERY LOW ) && ( Y == LOW )
        Then ( Z = NORMAL )
Rule 2: If ( X == VERY LOW ) && ( Y == NORMAL )
        Then ( Z = HIGH )
Rule 3: If ( X == VERY LOW ) && ( Y == HIGH )
        Then ( Z = HIGH )
Rule 4: If ( X == LOW ) && ( Y == LOW )
        Then ( Z = NORMAL )
Rule 5: If ( X == LOW ) && ( Y == NORMAL )
        Then ( Z = HIGH )
.....
Rule 12: If ( X == HIGH ) && ( Y == HIGH )
         Then ( Z = NORMAL )
    
```

Fig. 4. Threshold fuzzy rules for REC price prediction

멤버십 함수와 매수량 결정을 조절값을 정하기 위한 출력 멤버십 함수를 나타낸 것이다.

클라우드 환경에서 REC 가격예측을 위한 거래 시뮬레이션은 지난 거래분에 대한 가격정보와 매물수량에 대한 정보가 출력되면 두 개의 값인 REC 매물수량과 REC 가격값에 따라 Fig. 4의 퍼지규칙을 통해 출력함수를 유도해낸다.

## 4. 실험 결과

### 4.1 데이터 및 비교가격 예측 방법

REC 시장은 현물시장과 계약시장으로 나뉘는데, 계약 시장은 고정가격으로 거래되기 때문에 REC 가격결정은 장기적인 정산에 영향을 미친다. 하지만 본 연구에서는 유동적인 가격의 변화를 시뮬레이션하는 것이므로 계약 시장의 거래정보는 제외한다.

또한 현물시장은 일반REC 시장과 태양광REC 시장으로 구분되는데, 두 시장이 상이하므로 거래가 원활하고 가격 변동폭이 큰 태양광REC 시장에 맞춰 시뮬레이션을 진행한다. 이는 일반REC시장에도 유사하게 적용할 수 있을 것이다.

클라우드 환경에서 REC 가격예측 시뮬레이션을 위한 데이터는 REC 거래시스템<sup>12)</sup>에서 Table 1과 같이 공개중인 평균거래가격과 거래량을 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션을 위한 학습데이터는 2012년 데이터를 활용하고 2013년 1월 이후 데이터는 실제 거래결과와 가격예측결과를 비교하였다.

클라우드 환경에서 퍼지기반 REC 가격예측(Fuzzy-based REC Price Prediction, 이하 FRPP)의 성능을 비교하기 위해 과거 평균거래가격기반 REC 가격(AVG-based REC Price Prediction, 수식 (1), 이하 ARPP)과 거래추이기반

**Table 1.** REC trading price and volume

		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
가격 (원)	'12		229444	220000	219862	161000	159638	163449	164482	166823	168598	165889	157631
	'13	157805	160587	156444	158770	156217	158902	158629	164560	185829	220152	220554	207587
	'14	187847	166761										
물량 (수)	'12		18	44	553	4	166	1856	873	1131	2486	3770	2072
	'13	7140	3860	2436	2815	5682	6222	10056	15648	12086	15345	17377	15214
	'14	13950	2050										

REC 가격 예측방법론(Trend-based REC Price Prediction, 수식 (2), 이하 TRPP)은 다음과 같다.

$$P_{avg} = \frac{\sum_{m-i}^m (P_{rt})}{i} \quad (1)$$

$P_{avg}$  = Average Price  
 $P_{rt}$  = Real Trade Price  
 $m$  = month

$$P_{tnd} = \left( \sum_{y-i}^y P_{mon-rt} \right) \cdot (1 + V_{cv}) \quad (2)$$

$P_{tnd}$  = Price Trend  
 $y$  = year  
 $P_{mon-rt}$  = Real Monthly Price  
 $V_{cv}$  = Control Value of Volume

**4.2 실험1: REC 가격비교**

실험1은 클라우드 환경에서 REC 가격예측 결과값이 실제 가격과 근접하다는 것은 거래예측 방법론이 거래

편을 통한 REC 가격예측에 유용함을 의미하는 것이다. Fig 5는 2012년의 REC 거래가격과 2013년 이후 가격예측데이터를 도식화한 것이다. FRPP가 막대그래프상의 실제거래가격 변화추이와 가장 유사한 것을 확인할 수 있다.

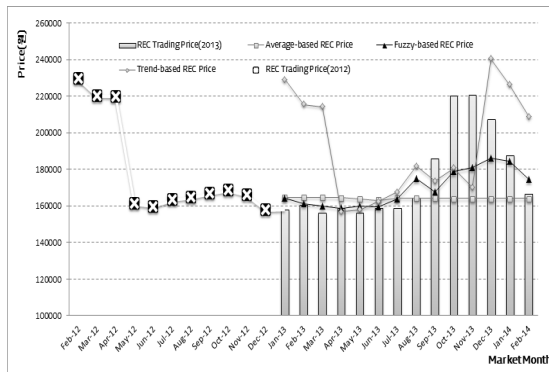
Fig. 6은 실제 거래가격과 시뮬레이션 방법론에 대한 가격의 정확도를 도식화한 것으로, Fig 5의 결과에 대해서 아래의 수식 (3)을 통해 도출된 결과 그래프이다.

$$A_p = \frac{(P_{rt} - |P_{pm} - P_{rt}|) \times 100}{P_{rt}} \quad (3)$$

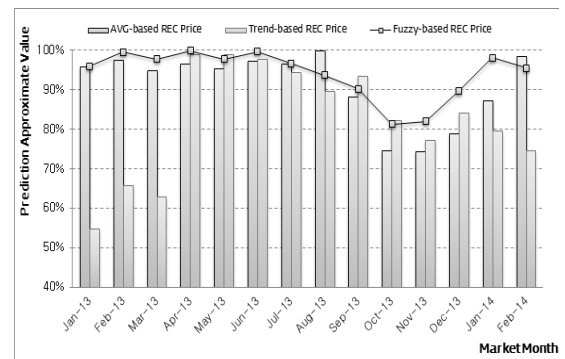
$A_p$  = Accuracy Price  
 $P_{pm}$  = Price of Prediction Model

선도표상의 FRPP는 막대도표상의 ARPP와 TRPP보다 100%에 더 근접했음을 확인할 수 있다. 14개월간 시뮬레이션한 FRPP의 가격정확도의 평균은 약 94.2%이고 ARPP는 약 91%, TRPP는 약 82.3%를 기록하여 ARPP보다 2.2%, TRPP보다 11.9% 실제 REC 거래가격과 유사한 결과를 나타내고 있다.

실험1을 통한 결과는 FRPP가 다른 두 개의 가격예측



**Fig. 5.** REC prediction price



**Fig. 6.** Accuracy of the REC prediction price to comparison real trading cost

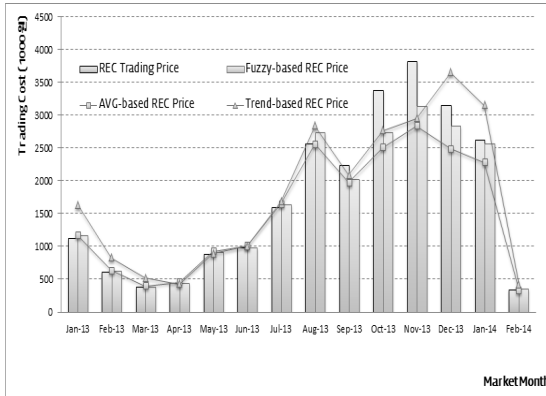


Fig. 7. REC Trading Cost

방법론 보다 REC 가격예측에 유용한 방법임을 알 수 있고, 현재 가격균형이 유지되고 있지 않은 RPS 제도이행에 공급의무자들의 가격결정을 위한 REC 구매 의사결정 방법론으로 실제 가격에 가장 근접한 성능을 제공함을 알 수 있다.

#### 4.3 실험2: REC 거래비용 비교

실험2는 클라우드 환경에서 REC 가격예측 시물레이션간에 기록된 거래가격과 거래량을 통한 거래비용을 기록하였다. 거래비용이 높다는 것은 RPS 제도를 이행하는 주체인, 국가와 공급의무자들의 비용에 대한 리스크 지표가 될 수 있다. Fig. 7에서 거래비용은 실험1의 시물레이션 가격과 거래물량을 곱한 값으로 기록하여 도식화한 것이다.

막대도표상의 실제 거래비용과 FRPP의 거래비용이 유사한 패턴으로 진행되고 있음을 확인할 수 있고 ARPP와 TRPP는 초기 3개월과 최근 3개월의 거래비용 오차가 큰 것을 확인할 수 있다. Fig. 7의 결과를 자세히 확인하기 위해 수식 (4)를 통하여 가격오차를 기록한 것이 Fig. 8이다.

$$TC_d = TC_{rt} - TC_{pm} \quad (4)$$

$$TC_d = \text{Difference of trading cost}(TC)$$

$$TC_{rt} = \text{Trading cost of Real trading}$$

$$TC_{pm} = \text{TC of prediction model}$$

Fig. 8은 시물레이션을 통한 가격예측 모델이 실제 거래비용과의 오차를 확인할 수 있다. 선도표상의 FRPP가 오차값인 0에 근접하여 기록하는 것을 알 수 있다. 14개

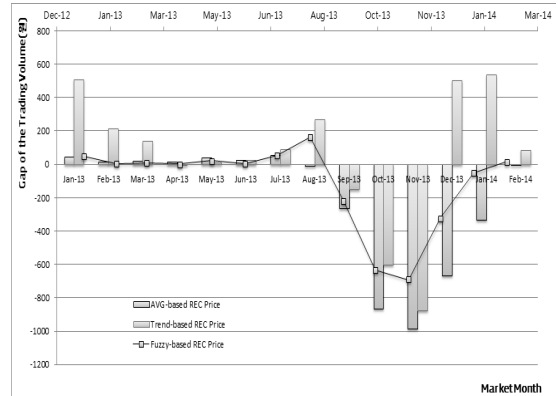


Fig. 8. Difference of the REC trading cost to comparison real trading cost

월간의 전체 거래비용 오차합계는 FRPP가 약 159백만원으로 ARPP가 239백만원, 286백만원보다 약 80백만원, 127백만원 적은 거래비용을 기록하고 있다.

실험2를 통해서 FRPP를 통한 거래비용은 국가와 공급의무자들의 시장안정화를 통해 거래비용에 대한 리스크를 최소화할 유도화시킴을 확인할 수 있다.

## 5. 결론

클라우드 컴퓨팅은 빅데이터처리를 위한 가상클러스터 환경으로써 REC 가격예측을 위한 지리적으로 분산된 빅데이터를 구성하여 서비스 수준을 정의할 수 있었다. 또한 빅데이터로 구성된 데이터들간의 상호작용과 분석을 통하여 REC 가격예측모델링을 제공할 수 있었다.

RPS제도는 신·재생에너지 보급 및 확대를 통한 녹색 성장 발전의 기여하고 있는데, 본 논문에서는 이를 이행하기 위해 거래되는 REC 가격의 안정성과 예측을 위한 방법으로 퍼지기반 REC 가격예측 방법을 제안하였다. 퍼지기반 REC 가격예측은 REC 매물량, 매매가격, 수요량을 고려하여 REC 가격을 예측하고 가격을 결정함으로써 실제 거래가격과 가장 근접하게 예측하고 있음을 실험을 통해 입증하였다.

본 연구를 통하여 국가와 공급의무자들은 REC 가격예측이 가능하고 의사결정의 기준 정보으로써 REC 가격을 이용하여 매매전략을 수립할 수 있을 것이다. 이는 향후 정부의 RPS제도에 대한 가격 정책과 공급의무자들의 의무행비용에 대한 규모를 산정하고 예측하는 도구로서 활용이 가능할 것이다.

## References

1. I. Foster, Z. Yong, I. Raicu and S. Lu, "Cloud computing and grid computing 360-degree compared", Grid Computing Environments Workshop, pp. 1-10, 2008.
2. SERI, "Introduction of Renewable Portfolio Standard Introduction in 2012", SERI Economic Focus, Vol 344, 2011.01.
3. C. H. Lee, "RPS and REC Trading Market", Wind Power Industry Specially Seminar, pp.1-47, 2011.06.
4. B. Hayes, "Cloud computing", Communications of the ACM, vol 51, Issue 7, pp. 9-11, 2008.
5. K. W. Park, K. J. Ban, S. H. Song and E. K. Kim, "Cloud based Intelligent Management System for Photovoltaic Power Plants", The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences Vol. 7, No. 3, pp. 591, 2012.
6. S. D. Kim, C. G. Moon, "Economic Effect Estimation of RPS Introduction", Environmental and Resource Economics Review, Vol. 14, No. 3, pp. 751-773, 2005. 09.
7. A. Saffiotti, E. Ruspini, K. G. Konolige, "A fuzzy controller for flakey, an autonomous mobile robot," In Technical Note 529, Artificial Intelligence, 2993.03.
8. P.C. Chang, C.H. Liu, "A TSK type fuzzy rule based system for stock price prediction", Expert Systems with Applications, vol.34, no.1, pp.135-144, 2008.
9. K. B. Song, "The System Marginal Price Forecasting in the Power Market Using a Fuzzy Regression Method", The Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 17, No 6, pp. 54-59, 2003.11.
10. M. Mamdani, "Application of Fuzzy Algorithm for Control of Simple Dynamic Plant," Proc, IEE, v. 121, 1585-1588, 1974.
11. C. W. de silva, "Intelligent Control," Fuzzy Logic Application. Boca Raton, FL: CRC, 1995.
12. REC(Renewable Energy Certificate) Trading System, <http://rec.kpx.info/> 2014.



조 규 철 (kccho@etri.re.kr)

2005 인하대학교 컴퓨터공학과 학사  
 2007 인하대학교 컴퓨터정보공학과 석사  
 2013 인하대학교 정보공학과 박사  
 2011~현재 한국전자통신연구원 재직

관심분야 : 클라우드 컴퓨팅, 모델링 & 시뮬레이션, 역공학, 신재생에너지